

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-077600

(43)Date of publication of application : 22.03.1996

(51)Int.Cl.

G11B 7/24
G11B 7/24
B41M 5/26

(21)Application number : 06-234409

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 01.09.1994

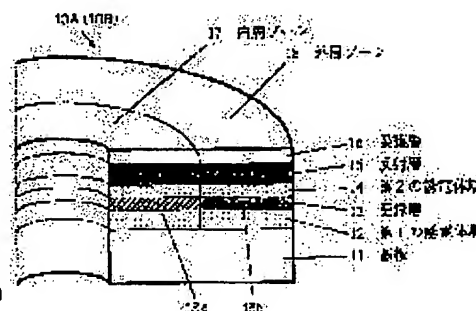
(72)Inventor : SAKAGAMI YOSHITAKA
ONO EIJI
AKAHIRA NOBUO

(54) OPTICAL INFORMATION RECORDING MEDIUM

(57)Abstract:

PURPOSE: To improve the change in recording characteristics by a difference in line speed between inner and outer peripheries of an optical disk driven at a specified angular velocity.

CONSTITUTION: A first dielectric layer 12, a recording layer 13, a second dielectric layer 14 and a reflection layer 15 are formed in this order atop a substrate 11 as the optical disk 10 of a phase transition type. The recording layer 13 is divided to an inner peripheral zone 17 and an outer peripheral zone 18 along the radial direction of the disk. The compsn. of the recording layer where the phase transition takes place is changed in the inner and outer peripheral zones. The transition from the crystalline state to the amorphous state stabilizes in the inner and outer peripheral zones and jitters of recording marks decrease if the crystallization speed is made higher the nearer the outer periphery. The disk structure in which the film thickness of the reflection layer 15 is made smaller, the film thickness of the dielectric layer 14 is made larger or the film thickness of the recording layer is made larger in the outer peripheral zone 18 than in the inner peripheral zone 17 is equally well.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 02.11.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 11.03.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-77600

(43)公開日 平成8年(1996)3月22日

(51)Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 1 B 7/24	5 2 1 J	7215-5D		
	N	7215-5D		
	5 1 1	7215-5D		
B 4 1 M 5/26		7416-2H	B 4 1 M 5/ 26	X
			審査請求 未請求 請求項の数16	FD (全 14 頁)

(21)出願番号 特願平6-234409

(22)出願日 平成6年(1994)9月1日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 坂上 嘉孝

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 大野 鋭二

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 赤平 信夫

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

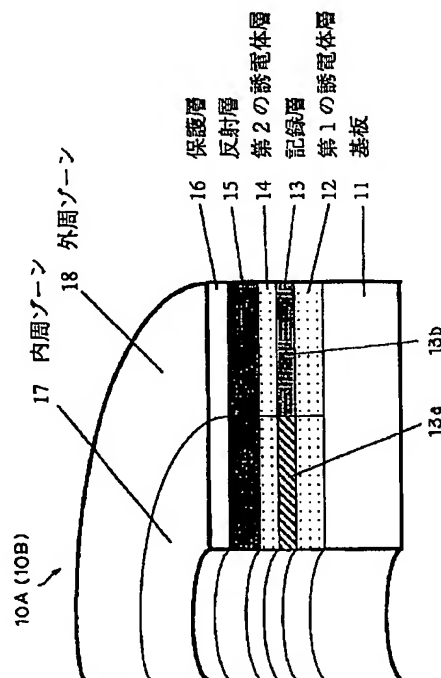
(74)代理人 弁理士 岡本 宜喜

(54)【発明の名称】 光学的情報記録部材

(57)【要約】

【目的】 角速度一定 (CAV) 駆動の光ディスクにおいて、内外周での線速度の差による記録特性の変化を改善すること。

【構成】 相変化型の光ディスク10として、基板11の上面に第1の誘電体層12、記録層13、第2の誘電体層14、反射層15をこの順序に成膜する。そして記録層13をディスクの半径方向に沿って、内周ゾーン17と外周ゾーン18に分割し、内外周のゾーンにおいて、相変化を起こす記録層の組成を変える。結晶化速度を外周ほど速くすると、結晶状態とアモルファス状態の遷移が内外周のゾーンで安定し、記録マークのジッタが少なくなる。また内周ゾーン17より外周ゾーン18で、反射層15の膜厚を薄くするか、誘電体層14の膜厚を厚くするか、記録層13の膜厚を厚くしたディスク構造でもよい。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザ光線の照射によって相状態が変化し、且つ前記レーザ光線の照射により光学的に該相状態の検出が可能となる記録層を薄膜層の一部として基板上に設けたディスク状の光学的情報記録部材であって、前記薄膜層は、ディスクの同心円状に分割された複数のゾーンによってその薄膜構成が異なることを特徴とする光学的情報記録部材。

【請求項2】 レーザ光線の照射によって相状態が変化し、且つ前記レーザ光線の照射により光学的に該相状態の検出が可能となる記録層と、前記記録層の両面に形成された第1の誘電体層及び第2の誘電体層と、

前記記録層と前記第1及び第2の誘電体層とを一体に保持するディスク状の基板と、を具備する光学的情報記録部材であって、

前記記録層は、前記レーザ光線の照射によってアモルファス相と結晶相間で可逆的に相変化を起こす相変化記録材料からなり、且つディスクの同心円状に分割された複数のゾーンによって前記相変化記録材料の組成が異なることを特徴とする光学的情報記録部材。

【請求項3】 前記記録層は、ディスクのゾーンごとに相変化における結晶化速度が異なる材料を用いたことを特徴とする請求項2記載の光学的情報記録部材。

【請求項4】 前記記録層は、ディスクの外周ゾーンほど相変化における結晶化速度が速い材料を用いたことを特徴とする請求項3記載の光学的情報記録部材。

【請求項5】 前記記録層は、Ge、Sb、Teを主成分とする相変化記録材料であることを特徴とする請求項2記載の光学的情報記録部材。

【請求項6】 前記記録層は、 $x\text{GeTe} + (1-x)\text{Sb}_2\text{Te}_3 + y\text{Sb}$ ($0 < x \leq 1$, $y \geq 0$) を満たすものであって、ディスクの同心円状に分割された複数のゾーンによって前記Sbの組成比を示すyの値がディスクの内周ゾーンに比べて外周ゾーンほど小さいことを特徴とする請求項5記載の光学的情報記録部材。

【請求項7】 前記記録層は、 $x = 2/3$ であることを特徴とする請求項6記載の光学的情報記録部材。

【請求項8】 前記記録層は、 $x = 1/2$ であることを特徴とする請求項6記載の光学的情報記録部材。

【請求項9】 前記記録層は、Ge、Sb、Te及びM (Mは金属元素又は半金属元素) からなることを特徴とする請求項2記載の光学的情報記録部材。

【請求項10】 前記記録層は、ディスクの内周ゾーンほど外周ゾーンよりMの量が多いことを特徴とする請求項9記載の光学的情報記録部材。

【請求項11】 前記記録層は、Mが少なくともAg、Cu、Co、Ti、Pd、Au、Bi、Se、Sn、Pt、Niの内いずれか1つを含むことを特徴とする請求項9記載の光学的情報記録部材。

2

【請求項12】 レーザ光線の照射によってアモルファス相と結晶相間で可逆的に相変化を起こす相変化記録材料からなり、且つ前記レーザ光線の照射により光学的に該相状態の検出が可能となる記録層と、

前記記録層の上面及び下面に夫々形成された第2の誘電体層及び第1の誘電体層と、

前記第2の誘電体層の上面に形成され、前記レーザ光線を反射する反射層と、

前記記録層、前記第1及び第2の誘電体層、前記反射層を保持するディスク状の基板と、を具備する光学的情報記録部材であって、

前記反射層は、ディスクの同心円状に分割された複数のゾーンによって膜厚が異なり、外周ゾーンほど膜厚が薄いことを特徴とする光学的情報記録部材。

【請求項13】 前記反射層は、Au、Al、Cu、Cr、Ni、Ti、Agの金属材料の何れかを主成分とするものか、又は前記各金属材料の混合物であることを特徴とする請求項12記載の光学的情報記録部材。

【請求項14】 レーザ光線の照射によってアモルファス相と結晶相間で可逆的に相変化を起こす相変化記録材料からなり、且つ前記レーザ光線の照射により光学的に該相状態の検出が可能となる記録層と、

前記記録層の上面及び下面に夫々形成された第2の誘電体層及び第1の誘電体層と、

前記第2の誘電体層の上面に形成され、前記レーザ光線を反射する反射層と、

前記記録層、前記第1及び第2の誘電体層、前記反射層を保持するディスク状の基板と、を具備する光学的情報記録部材であって、

前記第2の誘電体層は、ディスクの同心円状に分割された複数のゾーンによって膜厚が異なり、外周ゾーンほど膜厚が厚いことを特徴とする光学的情報記録部材。

【請求項15】 レーザ光線の照射によってアモルファス相と結晶相間で可逆的に相変化を起こす相変化記録材料からなり、且つ前記レーザ光線の照射により光学的に該相状態の検出が可能となる記録層と、

前記記録層の上面及び下面に夫々形成された第1の誘電体層及び第2の誘電体層と、

前記第2の誘電体層の上面に形成され、前記レーザ光線を反射する反射層と、

前記記録層、前記第1及び第2の誘電体層、前記反射層を保持するディスク状の基板と、を具備する光学的情報記録部材であって、

前記記録層は、ディスクの同心円状に分割された複数のゾーンによって膜厚が異なり、外周ゾーンほど膜厚が厚いことを特徴とする光学的情報記録部材。

【請求項16】 レーザ光線の照射によって相状態が変化し、且つ前記レーザ光線の照射により光学的に該相状態の検出が可能となる記録層を薄膜層の一部として基板上に設けた光学的情報記録部材であって、

前記薄膜層は、ディスクの同心円状に分割された内周ゾーンと外周ゾーンとによってその薄膜構成が異なることを特徴とする光学的情報記録部材。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、レーザ光線等の光学的手段を用いて情報を高速かつ高密度に記録又は再生する光学的情報記録部材に関するものである。

【0002】

【従来の技術】レーザ光線を利用して情報の再生又は記録を高密度で行う技術は、主に光ディスクとして実用化されている。光学的情報記録部材である光ディスクは再生専用型、追記型、書き換え型に大別することができる。再生専用型はコンパクトディスクやレーザディスクとして、また追記型や書き換え型は文書ファイル、データファイル等として実用化されている。書き換え型光ディスクには主に光磁気ディスクと相変化型ディスクがある。

【0003】相変化型光ディスクは記録層がレーザ光線の照射によってアモルファスと結晶間（あるいは結晶と更に異なる構造の結晶間）で可逆的に状態変化を起こすことを利用したものである。レーザ光線の照射により薄膜の屈折率あるいは消衰係数のうち少なくとも何れかが変化するように記録を行う。この薄膜部分で透過光あるいは反射光の振幅が変化するので、検出系に至る透過光量あるいは反射光量を検出して信号を再生する。アモルファスと結晶間で状態変化を起こす材料としては、例えばTe、Se、In、Sb等の合金が主に用いられている。

【0004】相変化型光ディスクでは、記録マークの書き換えに1ビームオーバーライトを用いることができる。1ビームオーバーライトとは、記録信号によりレーザパワーを記録レベルと消去レベルの間で変調して、レーザ光線を信号トラック上に照射することにより、既に記録されている古い信号を消去しながら新しい信号を記録する方法である。記録レベルで照射された領域は、元の状態がアモルファスカ結晶かに係わらず溶融後冷却されるためアモルファスとなる。消去レベルで照射された領域は結晶化温度以上に昇温するため、元の状態に係わらず結晶化して、新しい信号がオーバーライトされる。

【0005】ところで、光ディスクの記録再生装置では光ディスクの回転方式は大別して2つの方式がある。ディスクの内外周で線速度が同じになるようにディスクを回転させる方法をCLVと呼び、ディスクを一定の角速度で回転させる方法をCAVと呼ぶ。例えば、コンピュータ用の外部メモリ等に用いられるデータファイルのように、高速なアクセスが必要とされる場合には、ディスクの回転数を変えるには時間がかかるためCAVが使用される。この場合、ディスクの周方向の線速度は外周で速く、内周で遅くなる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】光ディスクの記録再生装置で、半導体レーザによりレーザ光線を照射して記録層に物理的状态変化を生じさせる場合、例えば書き換え可能な相変化材料を用いた光ディスクにおいて良好な記録再生特性を得るには、アモルファスの記録マークを安定して形成することと、十分な消去率を実現することが不可欠である。しかしながら、CAVモードでは線速度の大きい外周では消去率の低下が起こる。また逆に線速度の小さい内周では、十分な大きさの記録マークが形成できなかったり、又は記録のマーク歪が生じる場合があった。これは外周ほどレーザ光線のスポットがトラック上の一点を通過する時間が短くなり、記録層の結晶化が不充分となり消し残りを生じるからである。また逆に内周ほどレーザ光線の通過時間が長くなり、ここで溶融された領域は冷却速度が小さくなり、記録層が再結晶化してしまい、充分にアモルファス化されないからである。上記のような消し残りやマーク歪等は、共に再生波形の歪やノイズになって再生ジッタの原因になる。

【0007】本発明はこのような従来の問題点に鑑みてなされたものであって、相変化型の光ディスクをCAVモードで記録及び再生して使用するとき、光ディスクの内外周にかかわらず全面においてアモルファスの記録マークを安定して形成し、かつ十分な消去率を実現することができる光学的情報記録部材を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本願の請求項1の発明は、レーザ光線の照射によって相状態が変化し、且つレーザ光線の照射により光学的に該相状態の検出が可能となる記録層を薄膜層の一部として基板上に設けたディスク状の光学的情報記録部材であって、薄膜層は、ディスクの同心円状に分割された複数のゾーンによってその薄膜構成が異なることを特徴とするものである。

【0009】本願の請求項2の発明は、レーザ光線の照射によって相状態が変化し、且つレーザ光線の照射により光学的に該相状態の検出が可能となる記録層と、記録層の両面に形成された第1の誘電体層及び第2の誘電体層と、記録層と第1及び第2の誘電体層とを一体に保持するディスク状の基板と、を具備する光学的情報記録部材であって、記録層は、レーザ光線の照射によってアモルファス相と結晶相間で可逆的に相変化を起こす相変化記録材料からなり、且つディスクの同心円状に分割された複数のゾーンによって相変化記録材料の組成が異なることを特徴とするものである。

【0010】本願の請求項12の発明は、レーザ光線の照射によってアモルファス相と結晶相間で可逆的に相変化を起こす相変化記録材料からなり、且つレーザ光線の照射により光学的に該相状態の検出が可能となる記録層と、記録層の上面及び下面に夫々形成された第2の誘電

体層及び第1の誘電体層と、第2の誘電体層の上面に形成され、レーザ光線を反射する反射層と、記録層、第1及び第2の誘電体層、反射層を保持するディスク状の基板と、を具備する光学的情報記録部材であって、反射層は、ディスクの同心円状に分割された複数のゾーンによって膜厚が異なり、外周ゾーンほど膜厚が薄いことを特徴とするものである。

【0011】本願の請求項14の発明は、レーザ光線の照射によってアモルファス相と結晶相間で可逆的に相変化を起こす相変化記録材料からなり、且つレーザ光線の照射により光学的に該相状態の検出が可能となる記録層と、記録層の上面及び下面に夫々形成された第2の誘電体層及び第1の誘電体層と、第2の誘電体層の上面に形成され、レーザ光線を反射する反射層と、記録層、第1及び第2の誘電体層、反射層を保持するディスク状の基板と、を具備する光学的情報記録部材であって、第2の誘電体層は、ディスクの同心円状に分割された複数のゾーンによって膜厚が異なり、外周ゾーンほど膜厚が厚いことを特徴とするものである。

【0012】本願の請求項15の発明は、レーザ光線の照射によってアモルファス相と結晶相間で可逆的に相変化を起こす相変化記録材料からなり、且つレーザ光線の照射により光学的に該相状態の検出が可能となる記録層と、記録層の上面及び下面に夫々形成された第1の誘電体層及び第2の誘電体層と、第2の誘電体層の上面に形成され、レーザ光線を反射する反射層と、記録層、第1及び第2の誘電体層、反射層を保持するディスク状の基板と、を具備する光学的情報記録部材であって、記録層は、ディスクの同心円状に分割された複数のゾーンによって膜厚が異なり、外周ゾーンほど膜厚が厚いことを特徴とするものである。

【0013】本願の請求項16の発明は、レーザ光線の照射によって相状態が変化し、且つレーザ光線の照射により光学的に該相状態の検出が可能となる記録層を薄膜層の一部として基板上に設けた光学的情報記録部材であって、薄膜層は、ディスクの同心円状に分割された内周ゾーンと外周ゾーンとによってその薄膜構成が異なることを特徴とするものである。

【0014】

【作用】このような特徴を有する本発明によれば、ディスクを同心円状に複数のゾーンに分割し、ゾーンにより相変化を起こすための条件を変えている。具体的には

(1) 記録層の組成比を変えることにより結晶化速度を外周ほど大きくすると、夫々のゾーンの結晶化速度が線速度に適したものとなり、内外周における消去率をほぼ同等にできる。このためディスク全面に渡って良好なアモルファスマークが記録される。

(2) 内周ゾーンより外周ゾーンで反射層の膜厚を薄くすると、同一パワーのレーザ光線の照射に対して、記録層の冷却速度が最適化される。このためディスク全面に

渡って良好なアモルファスマークが記録される。

(3) 内周ゾーンより外周ゾーンで記録層と反射層の間の誘電体層の膜厚を厚くすると、同一パワーのレーザ光線の照射に対して、誘電体層と接する記録層の冷却速度が最適化される。このためディスク全面に渡って良好なアモルファスマークが記録される。

(4) 内周ゾーンより外周ゾーンで記録層の膜厚を厚くすると、同一パワーのレーザ光線の照射に対して記録層の冷却速度が最適化される。このためディスク全面に渡って良好なアモルファスマークが記録される。

以上の各項のいずれか1つを採用することにより、ディスクの内周から外周までマーク歪の少ない記録ができることとなる。

【0015】

【実施例】まず、図1を用いて本発明における光学的情報記録部材（以下、光ディスクという）の基本構造について説明する。本図において相変化型の光ディスク10は、基板11、第1の誘電体層12、記録層13、第2の誘電体層14、反射層15、保護層16を含んで構成される。この内、誘電体層12、14、記録層13、反射層15は真空蒸着又はスパッタリングなどの方法で透明な基板上に形成される。また反射層15の上に密着した透明な保護層16を設ける。

【0016】つぎに図1において、光ディスク10の半径方向に沿って同心円状に分割し、内側を内周ゾーン17と呼び、外側を外周ゾーン18と呼ぶ。ここでは光ディスク10を2ゾーン構造としたが、ゾーンが3つ以上の場合の光ディスクも作成できる。また、反射層15や保護層16のない構造の光ディスクもある。記録及び再生用のレーザ光線は基板11の下側から入射される。

【0017】基板11の材質として、ガラス、石英、ポリカーボネート、又はポリメチルメタクリレートが使用できる。また基板11は平滑な平板でもよく、表面にトラッキングガイド用の凸凹の溝があってもよい。保護層16として、樹脂を溶剤に溶かして塗布及び乾燥したものや、樹脂板を接着剤で接着したもの等が使用できる。

【0018】さて記録層13に用いる記録層材料としては、アモルファス・結晶間の相変化をするカルコゲン合金がよく知られている。例えばSbTe系、GeSbTe系、GeSbTeSe系、GeSbTePd系、TeGeSnAu系、AgSbTe系、GeTe系、GaSb系、InSe系、InSb系、InSbTe系、InSbSe系、InSbTeAg系等が使える。

【0019】記録層材料としてGeSbTeを用いる場合、特に $x\text{GeTe} + (1-x)\text{Sb}_2\text{Te}_3 + y\text{Sb}$

($0 < x \leq 1$, $y \geq 0$)を満たす組成のものが、書き換え相変化型の光ディスクの材料として適している。このことに関しては、ジャパニーズ・ジャーナル・オブ・アプライド・フィジクス 26 (1987年) 第61頁から第66頁 (Japanese Journal of Applied Physic

s, Vol.26 (1987) 61-66) に開示されている。

【0020】つぎに誘電体層12、14としては、 SiO_2 、 Si_2O_3 、 TiO_2 、 MgO 、 Ta_2O_5 、 Al_2O_3 、 GeO_2 、 Si_3N_4 、 BN 、 AlN 、 SiC 、 ZnS 、 ZnSe 、 ZnTe 、 PbS 等あるいはこれらの混合物が使える。

【0021】反射層15としては、 Au 、 Al 、 Cu 、 Cr 、 Ni 、 Ti 等の金属材料を主成分とした材料あるいはこれらの混合物、さらには所定の波長における反射率の大きな誘電体多層膜等が使える。

【0022】ここで本発明の最大の特徴は、光ディスク内外周のゾーンにおいて薄膜構成を異にしていることである。例えば内周より外周ゾーン18において結晶化速度を速くすることである。CAVモードで光ディスクを回転させた場合、線速度の大きい外周では消去率の低下が起こり、逆に線速度の小さい内周で充分な大きさの記録マークが形成できないか、又はマーク歪が生じる場合があり、何れの場合も再生ジッタの原因となっていた。

【0023】しかし、記録層の結晶化速度を外周ほど大きくすることにより、内外周における消去率をほぼ同等にできる。結晶化速度を変化させるには、 GeSbTe 系の記録層においては、 Sb 量を変化させるか又はさらに第4の元素を添加することにより可能である。例えば、 $x\text{GeTe} + (1-x)\text{Sb}_2\text{Te}_3$ ($0 < x \leq 1$) で表される組成に、さらに Sb を添加すれば結晶化速度は遅くなる。

【0024】 GeSbTe の3元素に、 Ag 、 Cu 、 Co 、 Tl 、 Pd 、 Au 、 Bi 、 Se 、 Sn 、 Pt 、 Ni を添加しても結晶化速度は遅くできる。さらには、反射層の厚膜化、記録層の薄膜化および反射層側の誘電体層の薄膜化は、記録層の冷却速度を高めることができ、結果として内周において良好なアモルファスマークが形成でき、ジッタが小さくできる。

【0025】また、一つの記録マークを形成するための記録波形を、複数のゾーンで使い分ける方法がある。即ちゾーン毎に記録用のレーザ光線の波形を、内周ゾーンより外周ゾーンで「後続の短パルス巾/先頭パルス巾」が大きくなるようマルチパルス波形にする。そのマルチパルス波形をゾーンに依りて切り換えることで、ゾーンに依りてマルチパルス波形を最適化し、内周から外周までマーク歪の少ない記録を行うこともできる。

【0026】CAVモードの場合、光ディスクの最内周部と最外周部での線速度比が約2~4の値になる。一方、一つの薄膜構成では約2倍の線速度比に対応可能であり、最低2ゾーンに光ディスクを分割することで、約4倍の線速度比に対応可能となる。また、光ディスクの半径方向に連続的に薄膜構成を変化させることにより、線速度差に対応することも考えられるが、この方法では膜厚や記録層組成の再現性に問題がある。従って本発明のように光ディスクを2ゾーンに分割する方法は、実現

性も高く再現性もよい。

【0027】以下、具体的な実施例をもって本発明の光ディスクを詳細に説明する。

(実施例1) 本発明の第1実施例における光ディスクの構造を図2に示す。本図の断面図に示すように第1実施例の光ディスク10Aはその記録層13が内周の記録層13aと外周の記録層13bとに分割されている。まず光ディスク10Aの各層の成膜プロセスについて説明する。図3及び図4は光ディスク10Aの成膜プロセスに用いられる基板とスパッタ用マスクの関係図である。

【0028】さて記録層13の組成を内周ゾーン17と外周ゾーン18で変えるべく、光ディスク10Aの基板11としてφ130mmのポリカーボネート製の信号記録用トラックを持つ基板を用いた。図2に示すように光ディスク10Aにおいて、半径22mm以上40mm未満の部分を内周ゾーン17、半径40mm以上58mm以下の部分を外周ゾーン18とした。基板11の上面に第1の誘電体層12として、 ZnS-SiO_2 混合膜を厚さ1300Åにスパッタリングにより形成した。

【0029】次に、内周ゾーン17の記録層13aのみを250Åの膜厚となるよう、図3に示すような内周部分のみ穴の開いた内周部スパッタ用マスク21を用い、基板11を回転させながらターゲット22をスパッタリングすることにより成膜を行った。つぎに図4に示すように外周部分のみ穴の開いている外周部スパッタ用マスク31を用いて異なる組成の混合材料をターゲット42にし、基板11を回転させながらスパッタリングにより250Åの記録層13bを形成した。そして第2の誘電体層14として ZnS-SiO_2 の混合膜を厚さ200Å、反射層15としてAl膜を1500Åにスパッタリングにより形成した。そしてその上にポリカーボネートの保護層16を設けた。

【0030】なお、光ディスクの内外周で記録層13の組成を変化させる方法としては、上記の方法の他に、図5に示すような内周部をマスクする領域と、外周部をマスクする領域を設けた一枚のマスク41を用い、異なる組成の記録層をターゲット22とターゲット42の同時スパッタにより成膜することも可能である。なお、マスク形状としては、内周ゾーン17及び外周ゾーン18において膜厚が均一にできるものであれば他の形状としてもよい。また、誘電体層12、14、記録層13、反射層15の膜厚を、内周ゾーン17及び外周ゾーン18で変えた光ディスクを作製する場合には、図3の内周部スパッタ用マスク21、又は図4の外周部スパッタ用マスク31を用いてスパッタリングを行い、膜厚を所定の値になるよう制御すればよい。なお、内外周で膜厚を変えた光ディスクの作成方法としては、図6に示すような内外周で穴の開いている部分の面積が異なる内外周膜厚制御用マスク51を用いることもできる。

【0031】上記の光ディスク10Aの評価について

は、レーザ光線の波長が780nm、記録装置の記録再生に用いる光学ヘッドの対物レンズのNAを0.55、光ディスクの回転数を1000rpmとして、EFM信号の最短マーク長が常に0.90 μ mとなるようにクロックTを制御することにより記録及び再生を行なった。ここでも1ビームオーバーライトにより100回記録し、EFM信号における3T再生信号のゼロクロス点のジッタ値を測定する。ここでいうジッタとは、3T再生信号のパルス幅(ウインドウ幅)をTw、その時間変動幅を σ (標準偏差)とし、 σ/Tw (%)の値で定義する。

【0032】このように定義したジッタを光ディスクの半径23、30、37、43、50、57mmの各位置で測定した。前述した半径における夫々の線速度は、内周側から約2.4、3.1、3.9、4.5、5.2、6.0m/sである。全ての光ディスクについて内周ゾーン17及び外周ゾーン18で、記録マーク長が0.9 μ mとなるよう単一周波数で記録したとき、C/N値が飽和する記録パワーと、記録マークを消去した場合に消去率が-20dBを越えるパワーマージンの中央値のパワーを設定した。

【0033】図7は本実施例で用いた具体的な記録波形*

*の説明図である。図7(a)は光ディスクでよく用いられるEFM信号の入力波形の一例である。図7(b)は(a)の入力波形を記録する場合の半導体レーザを駆動するマルチパルス記録波形Aである。短パルス列中の先頭パルスの幅は1.5T、後続パルスの幅及びその間隔は何れも0.5Tである。図7(c)は短パルス列中の先頭パルス幅を1.5T、後続パルス幅を0.75Tと広くした記録波形Bである。第1実施例～第5実施例の光ディスクについては、図7(b)に示すマルチパルス記録波形Aを用いた。

【0034】光ディスクの内外周ゾーンで記録層13の組成を変えた場合の記録マークのジッタ特性の一例を表1に示す。表1は図中の番号で示す光ディスク(1)～(4)の特性を示すもので、光ディスク(4)は、内周ゾーンと外周ゾーンとで記録層13の組成を変えた光ディスクである。また光ディスク(1)～(3)は、内周ゾーンと外周ゾーンの記録層13を同一の組成で構成したりファレンスディスクである。各光ディスクの夫々の列の値は、夫々の半径に記録された記録マークのジッタ値である。

【表1】

		各々の半径におけるジッタ値(%)					
ディスク		内周ゾーン			外周ゾーン		
番号	記録層組成	23mm	30mm	37mm	43mm	50mm	57mm
1	内外周ゾーンとも Ge _{22.2} Sb _{22.2} Te _{55.6}	25.2	14.5	11.9	11.1	7.8	10.0
2	内外周ゾーンとも Ge _{21.6} Sb _{24.3} Te _{54.1}	15.4	10.3	9.0	8.8	12.0	20.5
3	内外周ゾーンとも Ge _{21.1} Sb _{26.3} Te _{52.6}	9.9	7.1	10.3	12.0	17.6	28.2
4	内周ゾーン Ge _{21.1} Sb _{26.3} Te _{52.6} 外周ゾーン Ge _{22.2} Sb _{22.2} Te _{55.6}	10.2	7.0	9.9	11.2	8.0	9.7

【0035】表1に示すように、光ディスク(4)の記録層13の組成は、外周ゾーン18でGe_{22.2}Sb_{22.2}Te_{55.6}；(2GeTe+Sb₂Te₃)とした。また内周ゾーン17でGe_{21.1}Sb_{26.3}Te_{52.6}；(2GeTe+Sb₂Te₃+0.5Sb)とした。

【0036】また、リファレンスディスクとして内周ゾーンから外周ゾーンまで記録層13の組成を一定とし、

1ゾーンのみからなる光ディスク(1)～(3)の3枚を作成した。具体的には、光ディスク(1)では、記録層13の組成はGe_{22.2}Sb_{22.2}Te_{52.6}；(2GeTe+Sb₂Te₃)とし、光ディスク(2)では、Ge_{21.6}Sb_{24.3}Te_{54.1}；(2GeTe+Sb₂Te₃+0.25Sb)とし、光ディスク(3)では、Ge_{21.1}Sb_{26.3}Te_{52.6}；(2GeTe+Sb₂Te₃+0.

5Sb)とした。

【0037】上記4枚の光ディスクの第1の誘電体層12、第2の誘電体層14、反射層15等における材料、膜厚、作成条件、及び記録層13の膜厚、作成条件は互いに同じである。さて、表1のデータに示すように光ディスク(1)の場合、この記録層の組成では結晶化速度は速く、外周部の線速度での記録・消去に適している。また良好な記録マークが形成されており、ジッタも小さい値となっている。しかし、最内周部では線速度が遅すぎるため、記録マークが再結晶化し、十分にアモルファス化されず、記録マーク歪み及びジッタ値が増加する。

【0038】逆に光ディスク(3)では、記録層の組成の結晶化速度が内周部でその線速度に適している。このため良好な記録マークが形成されており、ジッタ値も良好である。しかし外周部では線速度が速すぎるため、オーバーライト時に消し残りが発生し、ジッタが増加している。

【0039】結晶化速度が光ディスク(1)と光ディスク(3)のはば中間である記録層を有する光ディスク(2)の場合には、最内周部と最外周部では光ディスク(3)、(1)と同様の現象が生じ、それが原因でジッタが増加する。すなわち、記録層13の組成が単一の場合、どんな組成を選んでもCAV回転では内周部から外周部までの全領域では、良好なジッタ特性が得られなかった。

【0040】一方、光ディスク(4)では、内周ゾーンと外周ゾーンの結晶化速度がその線速度に適しているた*

*め、良好な記録マークが形成されており、ジッタ値は光ディスク全面に渡って小さくなっている。このように記録層13において、外周ゾーンほど結晶化速度が速い組成にすることで、CAVの場合においても光ディスク全面でジッタの小さい良好な記録が可能となることがわかる。

【0041】なお、本実施例ではゾーンが2つの場合の結果のみを示したが、ゾーンを3つ以上に分割し、夫々の線速度に対応する結晶化速度の記録層を形成した場合にも、ゾーンを2分割した場合と同様に光ディスクの全面において良いジッタ値が得られた。なお、本実施例では $x\text{GeTe} + (1-x)\text{Sb}_2\text{Te}_3 + y\text{Sb}$ ($y \geq 0$) において $x = 2/3$ の場合のみを示したが、 $x = 1/2$ を満たす記録層の組成についても、結晶化速度を外周ゾーンほど速くしたものでは、光ディスク全面に渡って良好なジッタ値が得られた。

【0042】(実施例2) つぎに本発明の第2実施例における光ディスクについて説明する。本実施例の光ディスク10Bの断面構造は図2に示すものと同一である。第1実施例と異なり本実施例の記録層13は、 $x\text{GeTe} + (1-x)\text{Sb}_2\text{Te}_3 + y\text{Ag}$ ($x = 2/3, y \geq 0$) の材料で形成される。表2は本実施例の光ディスク10B(光ディスク(3))とリファレンスディスク(1)、(2)の特性を示すもので、記録層の組成をパラメータにしている。表1と同様に光ディスクの内外周ゾーンでの記録マークのジッタ特性を示している。

【表2】

		各々の半径におけるジッタ値(%)					
ディスク		内周ゾーン			外周ゾーン		
番号	記録層組成	23mm	30mm	37mm	43mm	50mm	57mm
1	内外周ゾーンとも $\text{Ge}_{22.2}\text{Sb}_{22.2}\text{Te}_{55.6}$	25.2	14.5	11.9	11.1	7.8	10.0
2	内外周ゾーンとも $\text{Ge}_{21.1}\text{Sb}_{21.1}\text{Te}_{52.8}\text{Ag}_{5.2}$	10.3	10.0	11.2	12.2	15.0	28.6
3	内周ゾーン $\text{Ge}_{21.1}\text{Sb}_{21.1}\text{Te}_{52.8}\text{Ag}_{5.2}$ 外周ゾーン $\text{Ge}_{22.2}\text{Sb}_{22.2}\text{Te}_{55.6}$	10.1	9.6	11.3	10.8	8.3	10.3

【0043】本実施例の光ディスクの作成方法は第1実施例のものと同一であり、その説明は省略する。本実施例で製作した光ディスク(3)は、その記録層13の組成が外周ゾーン18で $\text{Ge}_{22.2}\text{Sb}_{22.2}\text{Te}_{55.6}$;

($2\text{GeTe} + \text{Sb}_2\text{Te}_3$) であり、内周ゾーン17で $\text{Ge}_{21.1}\text{Sb}_{21.1}\text{Te}_{52.8}\text{Ag}_{5.2}$; ($2\text{GeTe} + \text{Sb}_2\text{Te}_3 + 0.5\text{Ag}$) である。

【0044】また、リファレンスディスクである光ディ

スク(1)として、内周ゾーンから外周ゾーンまでの記録層13の組成を $\text{Ge}_{22.2}\text{Sb}_{22.2}\text{Te}_{55.6}$; ($2\text{GeTe} + \text{Sb}_2\text{Te}_3$)として作成した。同じく光ディスク(2)として、内周ゾーンから外周ゾーンまでの記録層13の組成を $\text{Ge}_{21.1}\text{Sb}_{21.1}\text{Te}_{57.8}\text{Ag}_{5.2}$; ($2\text{GeTe} + \text{Sb}_2\text{Te}_3 + 0.5\text{Ag}$)として作成した。

【0045】上記3枚の光ディスクの第1の誘電体層12、第2の誘電体層14、反射層15の各材料、膜厚、作成条件、及び記録層13の膜厚、作成条件は第1実施例の光ディスク10Aと同じである。また夫々の光ディスクにおける測定半径を表1の値と同一に設定し、各ジッタ値を測定した。表2のデータから判るように、光ディスク(1)の場合、この記録層13の組成は結晶化速度が外周部での線速度に適しており、良好な記録マークが形成され、ジッタ値も小さい。しかし内周部では線速度が遅いため、記録マークが歪んでしまい、ジッタが増加する。

【0046】一方、Agを記録層13に添加することにより結晶化速度を遅くすることができる。このため光ディスク(2)の内周部ではジッタ値の改善がみられるが、外周部では逆に線速度が速すぎるため、オーバーライト時に消し残りが発生し、ジッタが増加する。しかし、本実施例の光ディスク(3)では、光ディスクの内周で各々の結晶化速度と線速度とが適しているため、*

*良好な記録マークが形成でき、ジッタ値は光ディスク全面において良好なものとなっている。

【0047】このように記録層13として外周ゾーンほど結晶化速度が速い組成にすることにより、CAVの場合においても光ディスク全面でジッタの小さい良好な記録・消去動作が可能となる。またAg以外のCu、Co、Tl、Pd、Au、Bi、Se、Sn、Pt、Niを、記録層13の外周ゾーン18ほど多く添加した場合にも、本実施例と同様の結果が得られた。

【0048】(実施例3)つぎに本発明の第3実施例における光ディスクについて説明する。図8は第3実施例の光ディスク10Cの構造を示す断面図である。本図において光ディスク10Cは、第1、第2実施例と同様に基板11、第1の誘電体層12、記録層13、第2の誘電体層14、反射層15、保護層16により構成されているが、反射層15の膜厚が内周ゾーン17と外周ゾーン18とで異なることが特徴である。

【0049】表3は光ディスク(1)～(4)の特性を示すもので、光ディスク(4)は、内周ゾーンと外周ゾーンとで反射層15の膜厚を変えた本実施例の光ディスク10Cである。また光ディスク(1)～(3)は、内周ゾーンと外周ゾーンの反射層15を同一の膜厚で構成したりファレンスディスクである。各光ディスクのデータの表示方法は第1、第2実施例のものと同一である。

【表3】

		各々の半径におけるジッタ値(%)					
ディスク		内周ゾーン			外周ゾーン		
番号	反射膜厚	23mm	30mm	37mm	43mm	50mm	57mm
1	内外周: 1250Å	21.0	13.7	10.5	9.3	10.7	12.0
2	内外周: 1500Å	15.4	10.3	9.0	8.8	12.0	20.5
3	内外周: 2000Å	11.0	10.0	9.8	10.9	14.3	18.3
4	内周: 2000Å 外周: 1250Å	10.5	9.7	10.2	9.8	11.3	12.0

【0050】光ディスク(1)～(4)の記録層13の組成は内外周ゾーンとも $\text{Ge}_{21.6}\text{Sb}_{24.3}\text{Te}_{54.1}$; ($2\text{GeTe} + \text{Sb}_2\text{Te}_3 + 0.25\text{Sb}$)とした。光ディスク(4)では内周ゾーン17での反射層15aの膜厚を2000Åとし、外周ゾーン18での反射層15bでの膜厚を1250Åとした。またリファレンスディスクとして、全周で反射膜厚が1250Å、1500Å、2000Åとした光ディスク(1)、(2)、

(3)を夫々作成した。

【0051】上記4枚の光ディスクの第1の誘電体層12、第2の誘電体層14の材料、膜厚、作成条件、及び記録層13の膜厚、反射層の材料、作成条件は第1実施例と同じである。表3のデータに示すように、光ディスク(2)では、最内周と最外周においてジッタの増加が見られる。これは最内周では線速度が遅いために記録層13の冷却速度が小さく、記録層13のメルト部分が再

結晶化してマークが歪むからである。逆に最外周では線速度が速いために冷却速度が大きく、記録層13が高温に保たれる時間が短く、結晶化が不十分なことにより、消去率が低下することが原因と考えられる。

【0052】これに対して、反射層15を薄くした光ディスク(1)では、冷却速度が小さくなるため、最外周のジッタは改善されるものの、最内周のジッタは大きい。また逆に反射層15を厚くした光ディスク(3)では、冷却速度が大きくなるため、最内周のジッタは改善されるものの最外周のジッタは大きい。即ち、反射層15の膜厚が内周ゾーンと外周ゾーン18とで同一の場合、その厚さを適当に選んでも、CAV回転では内周から外周までの全領域で良好なジッタ特性は得られなかった。

【0053】一方、本実施例の光ディスク(4)の場合、内外周夫々のゾーンで記録層13の冷却速度が最適になるような反射層15を設けているため、良好なアモルファスマークが形成されており、ジッタ値も小さくなっている。このように、外周ゾーン18ほど反射層15の膜厚を薄くすることで、CAVの場合においても光デ

*ィスク全面でジッタの小さい良好な記録が可能となることとわかる。

【0054】(実施例4) つぎに本発明の第4実施例における光ディスク10Dの構造を示す断面図である。本図において光ディスク10Dは、第1～第3実施例と同様に基板11、第1の誘電体層12、記録層13、第2の誘電体層14、反射層15、保護層16により構成されているが、第2の誘電体層14の膜厚が内周ゾーン17と外周ゾーン18とで異なることが特徴である。

【0055】表4は光ディスク(1)～(4)の特性を示すもので、光ディスク(4)は、内周ゾーンと外周ゾーンとで第2の誘電体層14の膜厚を変えた本実施例の光ディスク10Dである。また光ディスク(1)～(3)は、内周ゾーンと外周ゾーンの第2の誘電体層14を同一の膜厚で構成したリファレンスディスクである。各光ディスクのデータの表示方法は第1～第3実施例のものと同一である。

【表4】

		各々の半径におけるジッタ値(%)					
ディスク		内周ゾーン			外周ゾーン		
番号	第2の誘電体膜厚	23mm	30mm	37mm	43mm	50mm	57mm
1	内外周: 230Å	21.8	17.7	10.5	9.6	10.7	11.4
2	内外周: 200Å	15.4	10.3	9.0	8.8	12.0	20.5
3	内外周: 170Å	11.8	10.0	9.3	10.9	15.3	18.3
4	内周 : 170Å 外周 : 230Å	12.0	9.7	10.2	10.0	10.2	11.3

【0056】光ディスク(1)～(4)の記録層13の組成は内外周ゾーンとも、 $\text{Ge}_{11.4}\text{Sb}_{14.3}\text{Te}_{11.1}$;
($2\text{GeTe} + \text{Sb}_{12}\text{Te}_{10} + 0.25\text{Sb}$)とした。
光ディスク(4)では内周ゾーン17での第2の誘電体層14aの膜厚を170Åとし、外周ゾーン18での第2の誘電体層14bの膜厚を230Åとした。またリファレンスディスクとして内外周で第2の誘電体層14の膜厚が夫々230Å、200Å、170Åとして光ディスク(1)、(2)、(3)を作成した。

【0057】上記4枚の光ディスクにおいて、第1の誘電体層12の材料、膜厚、作成条件、及び第2の誘電体層14の材料、記録層13の膜厚、反射層15の材料、作成条件は、夫々第1実施例1のものと同一にした。表

4のデータに示すように、光ディスク(2)では、最内周と最外周においてジッタの増加が見られる。これは最内周では線速度が遅いために冷却速度が小さく、記録層13のメルト部分が再結晶化してマークが歪み、逆に最外周では線速度が速いために冷却速度が大きく、記録層13が高温に保たれる時間が短いからであり、結晶化が不十分なことにより、消去率が低下することが原因と考えられる。

【0058】これに対して、第2の誘電体層14を厚くした光ディスク(1)では、冷却速度が小さくなるため、最外周のジッタは改善されるものの、最内周のジッタは大きい。逆に第2の誘電体層14を薄くした光ディスク(3)では、冷却速度が大きくなるため、最内周の

ジッタは改善されるものの、最外周のジッタは大きい。即ち第2の誘電体層14の膜厚が内周ゾーン17と外周ゾーン18とで同一の場合、その厚さを適当に選んでも、CAV回転では内周から外周までの全領域で良好なジッタ特性は得られなかった。

【0059】一方、本実施例の光ディスク(4)の場合、内外周それぞれのゾーンで記録層13の冷却速度が最適になるよう、第2の誘電体層14の膜厚が設定されているため、良好なアモルファスマークが形成され、ジッタ値も小さくなっている。このように、外周ゾーン18ほど第2の誘電体層14の膜厚を厚くすることで、CAVの場合においても、光ディスクの全面でジッタの小さい良好な記録が可能となることがわかる。

【0060】(実施例5) つぎに本発明の第5実施例における光ディスクについて説明する。図10は第4実施*

*例の光ディスク10Eの構造を示す断面図である。本図において光ディスク10Eは、第1〜第4実施例と同様に基板11、第1の誘電体層12、記録層13、第2の誘電体層14、反射層15、保護層16により構成されているが、記録層13の膜厚が内周ゾーン17と外周ゾーン18とで異なることが特徴である。

【0061】表5は光ディスク(1)〜(4)の特性を示すもので、光ディスク(4)は、内周ゾーンと外周ゾーンとで記録層13の膜厚を変えた本実施例の光ディスク10Eである。また光ディスク(1)〜(3)は、内周ゾーンと外周ゾーンの第2の記録層13を同一の膜厚で構成したリファレンスディスクである。各光ディスクのデータの表示方法は第1〜第4実施例のものと同一である。

【表5】

		各々の半径におけるジッタ値(%)					
ディスク		内周ゾーン			外周ゾーン		
番号	記録膜厚	23mm	30mm	37mm	43mm	50mm	57mm
1	内外周: 300Å	22.9	17.3	10.7	9.3	11.2	11.1
2	内外周: 250Å	15.4	10.3	9.0	8.8	12.0	20.5
3	内外周: 200Å	10.0	9.6	9.8	11.0	14.5	21.8
4	内周 : 200Å 外周 : 300Å	10.9	10.3	9.9	9.9	11.1	11.7

【0062】表5のデータに示すように、光ディスク(1)〜(4)の記録層13の組成は内外周ゾーンとも、 $\text{Ge}_{11.1}\text{Sb}_{14.1}\text{Te}_{14.1}$; $(2\text{GeTe}+\text{Sb}_2\text{Te}_3+0.25\text{Sb})$ とした。光ディスク(4)では、内周ゾーン17での記録層13aの膜厚を200Åとし、外周ゾーン18での記録層13bの膜厚を300Åとした。リファレンスディスクとして、全周で記録膜厚が夫々300Å、250Å、200Åとした光ディスク(1)、(2)、(3)を作成した。

【0063】上記4枚の光ディスクの第1の誘電体層12と第2の誘電体層14の材料、膜厚、作成条件、及び反射層15の材料、作成条件は、第1実施例のと同じである。表5に示すように光ディスク(2)では、最内周と最外周においてジッタの増加が見られる。これは最内周では線速度が遅いために冷却速度が小さく、記録層13のメルト部分が再結晶化してマークが歪むからである。逆に最外周では線速度が速いために冷却速度が大きく、記録層13が高温に保たれる時間が短く、結晶化が

不十分なことにより、消去率が低下することが原因と考えられる。

【0064】これに対して、記録層13を厚くした光ディスク(1)では、冷却速度が小さくなるため、最外周のジッタは改善されるものの、最内周のジッタは大きい。逆に記録層13を薄くした光ディスク(3)では、冷却速度が大きくなるため最内周のジッタは改善されるものの、最外周のジッタは大きい。即ち記録層13の膜厚が同一の場合、その厚さを適当に選んでも、CAV回転では内周から外周までの全領域で良好なジッタ特性は得られなかった。

【0065】一方、本実施例による光ディスク(4)の場合、内外周のゾーンで記録層13の冷却速度が最適になるよう、記録層13の膜厚が設定されているため、良好なアモルファスマークが形成され、ジッタ値も小さくなっている。このように、外周ゾーン18ほど記録層13の膜厚を厚くすることで、CAVの場合においても光ディスク全面で、ジッタの小さい良好な記録が可能とな

ることがわかる。

【0066】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、ディスクの記録層の結晶化速度を外周ほど大きくすることにより、内外周における消去率をほぼ同等にできる。また、反射層の厚膜化、記録層の薄膜化、および反射層側の誘電体層の薄膜化は、記録層の冷却速度を高めることができ、結果として内周において良好なアモルファスマークが形成できる。こうするとディスクをCAV方式で駆動したとき、内周ゾーンと外周ゾーンで線速度変化しても、同一の記録条件で情報が記録でき、レーザビームの記録パワーを一定にできるという効果が生じる。さらにディスクの回転角速度を一定にできるので、光ヘッドのトラックアクセスに係わる制御系の応答速度も向上することができ。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の各実施例における光ディスクの基本的構造を示す断面図である。

【図2】本発明の第1及び第2実施例の光ディスクの構成を示す断面図である。

【図3】本実施例の光ディスクの各層を成膜するための製造装置（その1）の説明図である。

【図4】本実施例の光ディスクの各層を成膜するための製造装置（その2）の説明図である。

【図5】本実施例の光ディスクの各層を成膜するための製造装置（その3）の説明図である。

【図6】本実施例の光ディスクの各層を成膜するための製造装置（その4）の説明図である。

*

*【図7】本実施例の光ディスクにおける記録信号の波形図を示し、(a)はデジタル入力波形図である。(b)はマルチパルスの記録波形Aの波形図である。(c)は光ディスクのゾーン毎に記録波形Aを補正した記録波形Bの波形図である。

【図8】本発明の第3実施例の光ディスクの構成を示す断面図である。

【図9】本発明の第4実施例の光ディスクの構成を示す断面図である。

10 【図10】本発明の第5実施例の光ディスクの構成を示す断面図である。

【符号の説明】

10, 10A, 10B, 10C, 10D, 10E, 91
光ディスク

11 基板

12 第1の誘電体層

13, 13a, 13b 記録層

14, 14a, 14b 第2の誘電体層

15, 15b, 15b 反射層

20 16 保護層

17 内周ゾーン

18 外周ゾーン

21 内周部スパッタ用マスク

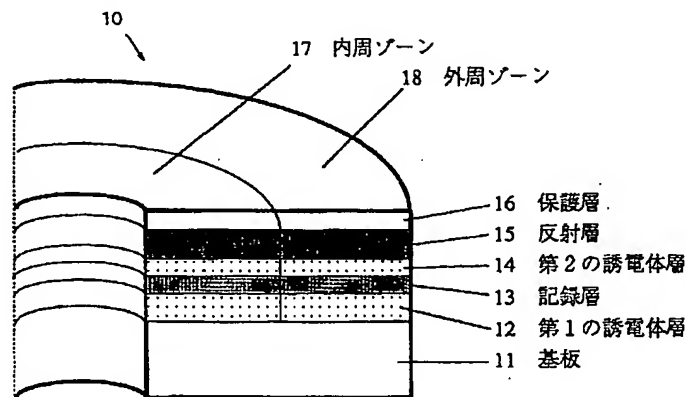
22, 42 ターゲット

31 外周部スパッタ用マスク

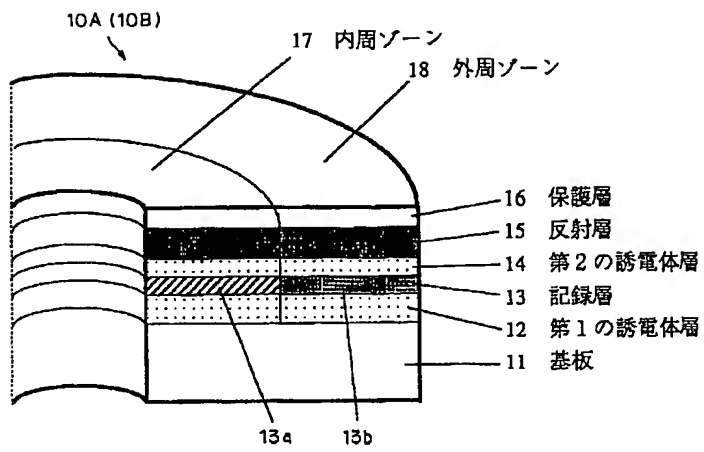
41 内外周同時スパッタリング用マスク

51 内外周膜厚制御用マスク

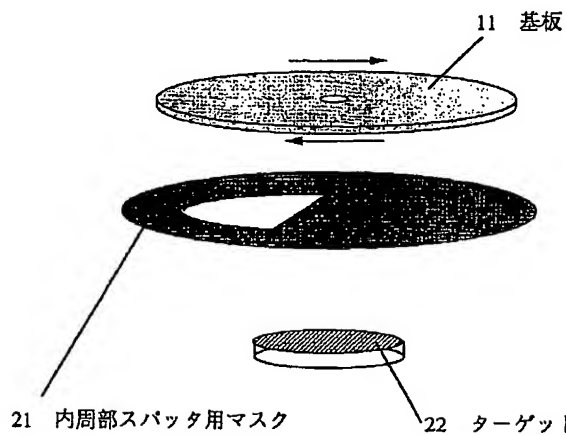
【図1】



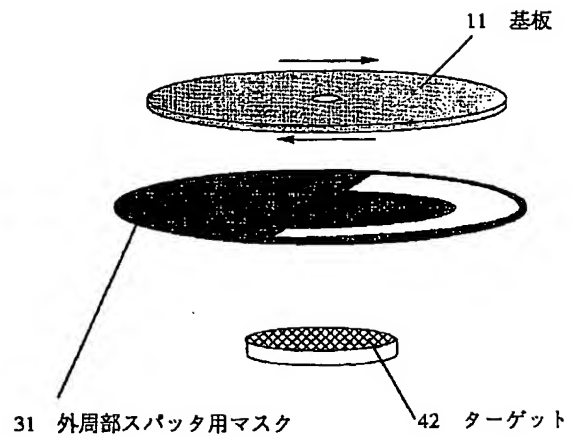
【図2】



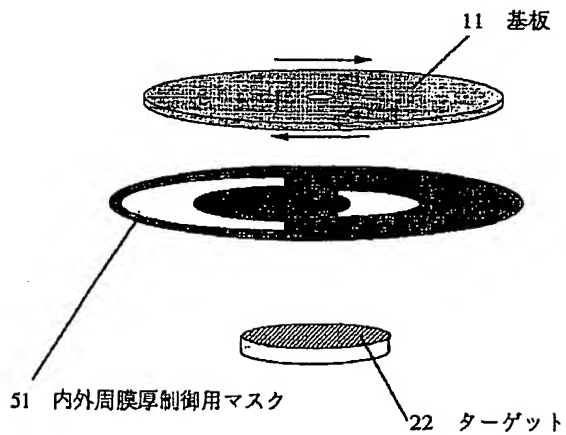
【図3】



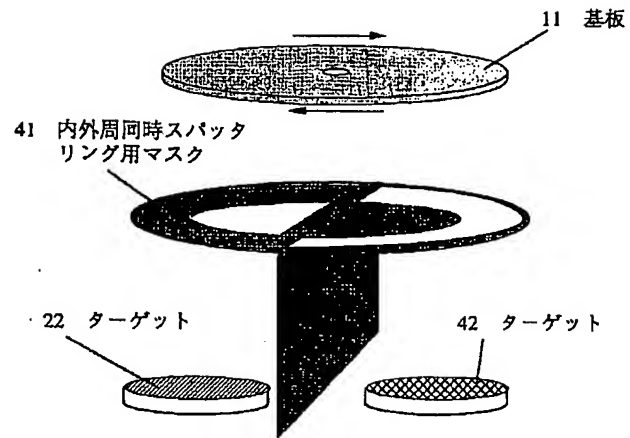
【図4】



【図6】

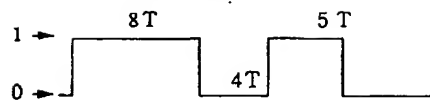


【図5】

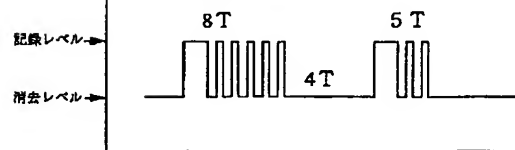


【図7】

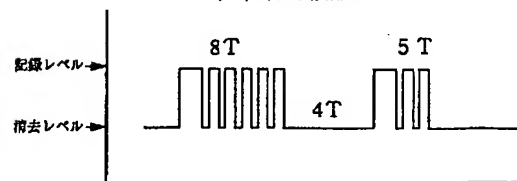
(a) 入力波形



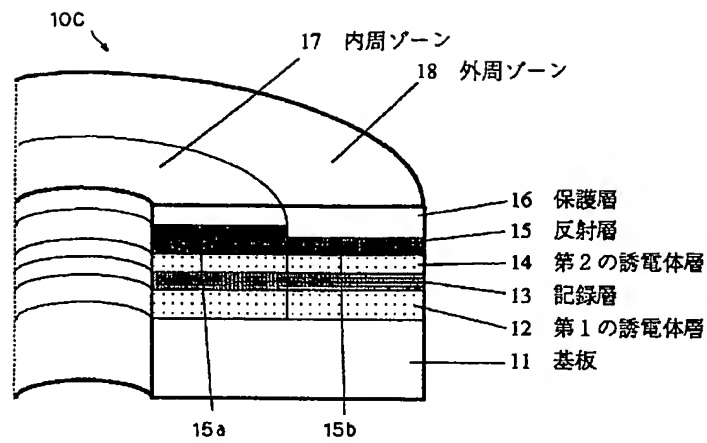
(b) 記録波形A



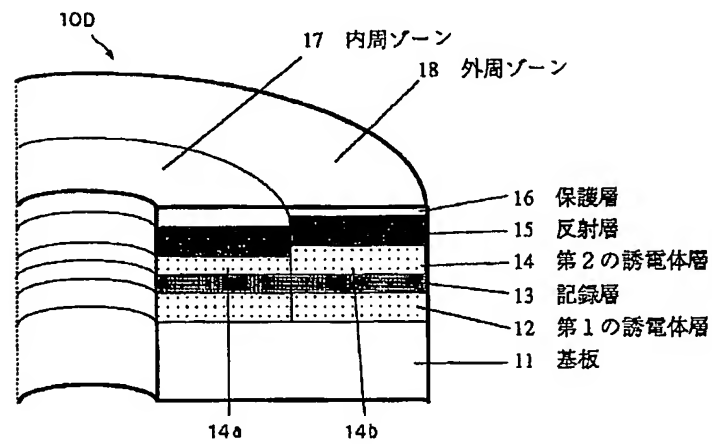
(c) 記録波形B



【図8】



【図9】



【図10】

